

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 8月 7日  
Date of Application:

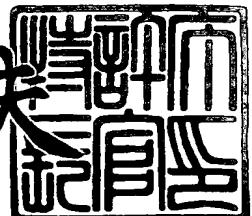
出願番号 特願2003-289095  
Application Number:  
[ST. 10/C] : [JP 2003-289095]

出願人 横浜ゴム株式会社  
Applicant(s):

2004年 3月 30日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 P2003102  
【提出日】 平成15年 8月 7日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 A63B 53/04  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株式会社 平塚製造所内  
【氏名】 三枝 宏  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株式会社 平塚製造所内  
【氏名】 小野 一則  
【特許出願人】  
【識別番号】 000006714  
【氏名又は名称】 横浜ゴム株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100080159  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 渡辺 望稔  
【電話番号】 3864-4498  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100090217  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 三和 晴子  
【電話番号】 3864-4498  
【先の出願に基づく優先権主張】  
【出願番号】 特願2003-107511  
【出願日】 平成15年 4月11日  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 006910  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9710081

**【書類名】特許請求の範囲****【請求項 1】**

ゴルフクラブヘッドのゴルフボールの打撃面に外力を与えてインパクト加振を行うことでゴルフクラブヘッドの反発特性を評価する方法であって、

既知の質量を有する質量調整体を前記打撃面に貼り付けた質量付加状態における前記打撃面の共振周波数と、前記質量調整体を前記打撃面に貼り付けていない質量無付加状態における前記打撃面の共振周波数とを、前記インパクト加振による前記打撃面の応答信号を用いて求め、

求められた複数の共振周波数を用いてゴルフボールを前記打撃面で打撃する際の反発係数を算出することを特徴とするゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法。

**【請求項 2】**

ゴルフクラブヘッドのゴルフボールの打撃面に外力を与えてインパクト加振を行うことでゴルフクラブヘッドの反発特性を評価する方法であって、

互いに異なる既知の質量を有する複数の質量調整体を前記打撃面にそれぞれ貼り付けた複数の質量付加状態における前記打撃面の共振周波数を、前記インパクト加振による前記打撃面の応答信号を用いて求め、

求められた複数の共振周波数を用いてゴルフボールを前記打撃面で打撃する際の反発係数を算出することを特徴とするゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法。

**【請求項 3】**

前記反発係数を算出する際、前記質量調整体を前記打撃面に貼り付けていない質量無付加状態における前記打撃面の共振周波数を規定するパラメータを求め、このパラメータを用いてゴルフボールを前記打撃面で打撃する際の反発係数を算出する請求項1または2に記載のゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法。

**【請求項 4】**

前記共振周波数は、前記打撃面の1次共振周波数である請求項1～3のいずれか1項に記載のゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法。

**【請求項 5】**

前記パラメータは、前記打撃面の共振モードのモーダルパラメータである請求項3に記載のゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法。

**【請求項 6】**

前記反発係数を算出する際、モーダルマスおよびモーダルスティフネスのいずれか一方のモーダルパラメータを求め、このモーダルパラメータを用いて反発係数を算出する請求項5に記載のゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法。

**【請求項 7】**

前記応答信号は前記打撃面の振動の加速度信号である請求項1～4のいずれか1項に記載のゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法。

**【請求項 8】**

インパクト加振の加振位置を前記打撃面上で分散させてインパクト加振を行い、インパクト加振力の信号に対する加速度信号の伝達関数を、インパクト加振の加振位置毎に得、得られた伝達関数のいずれにおいても同一位相でピークを形成するピーク周波数を前記打撃面の1次共振周波数として求める請求項7に記載のゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法。

**【請求項 9】**

前記応答信号は、前記打撃面の音圧信号である請求項1～6のいずれか1項に記載のゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法。

**【請求項 10】**

ゴルフクラブヘッドのゴルフボールの打撃面に外力を与えてインパクト加振を行った際の前記打撃面の応答信号を用いてゴルフクラブヘッドの反発特性を評価するゴルフクラブヘッドの反発特性評価装置であって、

既知の質量を有する質量調整体を前記打撃面に貼り付けた質量付加状態における前記打

撃面の共振周波数と、前記質量調整体を前記打撃面に貼り付けていない質量無付加状態における前記打撃面の共振周波数とを、前記打撃面の応答信号を用いて求める共振周波数算出部と、

求められた複数の共振周波数を用いてゴルフボールを前記打撃面で打撃する際の反発係数を求める反発係数算出部と、を有することを特徴とするゴルフクラブヘッドの反発特性評価装置。

【請求項 11】

ゴルフクラブヘッドのゴルフボールの打撃面に外力を与えてインパクト加振を行った際の前記打撃面の応答信号を用いてゴルフクラブヘッドの反発特性を評価するゴルフクラブヘッドの反発特性評価装置であって、

互いに異なる既知の質量を有する複数の質量調整体を前記打撃面にそれぞれ貼り付けた複数の質量付加状態における前記打撃面の共振周波数を、前記インパクト加振による前記打撃面の応答信号を用いて求める共振周波数算出部と、

求められた複数の共振周波数を用いてゴルフボールを前記打撃面で打撃する際の反発係数を求める反発係数算出部と、を有することを特徴とするゴルフクラブヘッドの反発特性評価装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】ゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法および反発特性評価装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、ゴルフボールを金属製の中空ゴルフクラブヘッド等のゴルフクラブヘッドで打撃する際のゴルフクラブヘッドの打撃面の反発特性を評価するゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法および反発特性評価装置に関する。

【背景技術】

【0002】

今日、ゴルフクラブメーカーはゴルフクラブヘッドの構造や素材の改良や開発を通じて、非力なゴルファーでもゴルフボールを遠くに飛ばすことができるよう、反発性の良いゴルフクラブヘッドを持つゴルフクラブを種々提案している。

【0003】

また、ゴルフクラブヘッドの反発性の良し悪しは、例えば、全米ゴルフ協会 (U.S.G.A.) の提案する測定方法で求められる反発係数  $e$  で評価される。全米ゴルフ協会 (U.S.G.A.) では、この反発係数  $e$  が 0.830 以下のゴルフクラブをゴルフ競技会で使用することを規定している。

ここで、反発係数  $e$  は、ゴルフクラブヘッド単体を載置台の上に置いた状態でゴルフクラブヘッドのフェース面に対して垂直にゴルフボールを衝突させて、その時のゴルフボールの入射速度  $V_{in}$  と反射速度  $V_{out}$  とゴルフクラブヘッドの質量  $M_h$  とゴルフボールの質量  $M_b$  との情報を用いて衝突時の下記関係式から反発係数  $e$  を求めるものである。

$$V_{out} / V_{in} = (e \cdot M_h - M_b) / (M_h + M_b)$$

【0004】

これに対して、下記特許文献 1 では、ゴルフクラブヘッド単体にゴルフボールを衝突させることなく、ゴルフクラブヘッドのフェース面にインパクト加振を行ってフェース面の 1 次共振周波数からフェース面の反発係数  $e$  を容易に求めることのできる方法が開示されている。

また、下記特許文献 2 では、実験により得られたゴルフクラブヘッドの伝達関数とゴルフボールの衝撃速度にゴルフボールモデルを入力して、ゴルフクラブヘッドの反発係数を推定する方法が提案されている。具体的には、ゴルフボールモデルを介して反発係数  $e$  を衝突時の関係式から求めるものである。

【0005】

【特許文献 1】特開 2002-331050 号公報

【特許文献 2】特開 2003-024477 号公報

【0006】

上記特許文献 1 では、極めて容易かつ短時間にゴルフクラブヘッドの反発係数を求めることが可能、上記特許文献 2 でも、反発係数を適切に求めることができるが、一方において、フェース面の肉厚が分布を持った偏肉構造のフェース面を含む種々のゴルフクラブヘッドの反発係数をより精度高く求めることができが依然として強く望まれている。

また、上記特許文献 2 では、反発係数  $e$  を求める際にゴルフボールモデルを予め用意する必要があるといった煩雑さもある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで、本発明は、上記特許文献 2 のようにゴルフボールモデルを用いることなく、従来に比べて精度高く反発係数を算出することができ、しかも、その算出が容易であるゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法および反発特性評価装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明は、ゴルフクラブヘッドのゴルフボールの打撃面に外力を与えてインパクト加振を行うことでゴルフクラブヘッドの反発特性を評価する方法であって、既知の質量を有する質量調整体を前記打撃面に貼り付けた質量付加状態における前記打撃面の共振周波数と、前記質量調整体を前記打撃面に貼り付けていない質量無付加状態における前記打撃面の共振周波数とを、前記インパクト加振による前記打撃面の応答信号を用いて求め、求められた複数の共振周波数を用いてゴルフボールを前記打撃面で打撃する際の反発係数を算出することを特徴とするゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法を提供する。

#### 【0009】

また、本発明は、ゴルフクラブヘッドのゴルフボールの打撃面に外力を与えてインパクト加振を行うことでゴルフクラブヘッドの反発特性を評価する方法であって、互いに異なる既知の質量を有する複数の質量調整体を前記打撃面にそれぞれ貼り付けた複数の質量付加状態における前記打撃面の共振周波数を、前記インパクト加振による前記打撃面の応答信号を用いて求め、求められた複数の共振周波数を用いてゴルフボールを前記打撃面で打撃する際の反発係数を算出することを特徴とするゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法を提供する。

#### 【0010】

例えば、前記反発係数を算出する際、前記質量調整体を前記打撃面に貼り付けていない質量無付加状態における前記打撃面の共振周波数を規定するモーダルパラメータを求め、このモーダルパラメータを用いてゴルフボールを前記打撃面で打撃する際の反発係数を算出する。あるいは、この他に、前記共振周波数が2つの場合、これらの共振周波数の差または比率等の演算結果を用いて前記反発係数を算出してもよい。

ここで、前記共振周波数は、例えば1次共振周波数が用いられる。また、前記パラメータは、例えば前記打撃面の共振モードのモーダルパラメータである。例えば、前記反発係数を算出する際、モーダルマスおよびモーダルスティフネスのいずれか一方のモーダルパラメータを求め、このモーダルパラメータを用いて反発係数を算出する。

#### 【0011】

前記応答信号は、例えば、前記打撃面の振動の加速度信号、あるいは、前記打撃面の音圧信号である。加速度信号の場合、インパクト加振の加振位置を前記打撃面上で分散させてインパクト加振を行い、インパクト加振力の信号に対する加速度信号の伝達関数を、インパクト加振の加振位置毎に得、得られた伝達関数のいずれにおいても同一位相でピークを形成するピーク周波数を前記打撃面の1次共振周波数として求めるのが好ましい。

また、前記質量調整体の前記打撃面における貼り付け位置を前記打撃面上で変更し、変更の度に前記2つの共振周波数を求め、これらの2つの共振周波数から前記パラメータを求ることで、前記打撃面における前記反発係数の分布を求めることもできる。

#### 【0012】

また、本発明は、ゴルフクラブヘッドのゴルフボールの打撃面に外力を与えてインパクト加振を行った際の前記打撃面の応答信号を用いてゴルフクラブヘッドの反発特性を評価するゴルフクラブヘッドの反発特性評価装置であって、既知の質量を有する質量調整体を前記打撃面に貼り付けた質量付加状態における前記打撃面の共振周波数と、前記質量調整体を前記打撃面に貼り付けていない質量無付加状態における前記打撃面の共振周波数とを、前記打撃面の応答信号を用いて求める共振周波数算出部と、求められた複数の共振周波数を用いてゴルフボールを前記打撃面で打撃する際の反発係数を求める反発係数算出部と、を有することを特徴とするゴルフクラブヘッドの反発特性評価装置を提供する。

#### 【0013】

また、本発明は、ゴルフクラブヘッドのゴルフボールの打撃面に外力を与えてインパクト加振を行った際の前記打撃面の応答信号を用いてゴルフクラブヘッドの反発特性を評価するゴルフクラブヘッドの反発特性評価装置であって、互いに異なる既知の質量を有する複数の質量調整体を前記打撃面にそれぞれ貼り付けた複数の質量付加状態における前記打撃面の共振周波数を、前記インパクト加振による前記打撃面の応答信号を用いて求める共

振周波数算出部と、求められた複数の共振周波数を用いてゴルフボールを前記打撃面で打撃する際の反発係数を求める反発係数算出部と、を有することを特徴とするゴルフクラブヘッドの反発特性評価装置を提供する。

【発明の効果】

【0014】

本発明は、質量調整体の貼り付けの有無による質量付加状態および質量無付加状態、あるいは、複数の質量付加状態における打撃面の共振周波数を求め、これらの共振周波数を用いて従来に比べて反発係数を精度高く求めることができる。特に、質量無付加状態における打撃面の共振周波数を規定するパラメータを求めることができ、このパラメータを用いて従来に比べて反発係数を精度高く求めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明のゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法および反発特性評価装置について、添付の図面に示される好適実施例を基に詳細に説明する。

【0016】

図1は、本発明のゴルフクラブの反発特性評価方法を実施する評価システム10を示す。評価システム10で評価されるゴルフクラブ12は、ウッド系のゴルフクラブで、金属製等の中空ゴルフクラブヘッドHを持つものである。

評価システム10は、ゴルフクラブヘッドHをゴルフクラブシャフトSから外すことなくゴルフクラブ一体のままにフェース面（打撃面）Fの反発特性を評価できる。

評価システム10は、インパクト加振を行う加振治具14、ゴルフクラブヘッドHのフェース面Fに自在に貼り付け可能な質量が既知の質量調整体15、騒音計測装置16、FFTアナライザ18およびコンピュータ20を有して構成される。

【0017】

加振治具14は、ゴルフクラブヘッドHのフェース面Fをインパクト加振する治具であり、治具の先端はフェース面Fにキズをつけない程度の硬さを持つ金属材料が用いられる。また、インパクト加振では、フェース面Fにキズをつけない程度に、加振治具14を用いて軽くフェース面Fを打撃する。

質量調整体15は、例えば、1～20g、好みしくは2～10gの既知の質量を有し、フェース面Fに接着剤や粘着剤等を用いて自在に貼り付け可能なものである。質量調整体15は、後述するように、質量調整体15の貼り付けの有無によってフェース面Fの共振周波数を変化させるために用いられる。

騒音計測装置16は、先端に騒音マイク16aおよび騒音計本体16bを備え、騒音マイク16aの周りに防風スクリーン16cが設けられる。このような騒音計測装置16は、公知の精密騒音計が用いられる。本発明においては、騒音マイク16aを用いた精密騒音計の替わりに、音圧の較正をしない簡易なマイクロフォンを用いた騒音計を用いることもできる。

【0018】

FFTアナライザ18は、騒音計測装置16から出力された音圧信号を周波数解析し、ゴルフクラブヘッドHのフェース面Fの1次共振周波数を求めるための分析器であり、本発明における共振周波数算出部を成す。FFTアナライザ18は、公知の周波数分析器が用いられる。FFTアナライザ18で得られた1次共振周波数はコンピュータ20に送信される。

コンピュータ20は、後述するように、質量調整体15をフェース面Fに取り付けた質量付加状態におけるフェース面Fの1次共振周波数と、フェース面Fに質量調整体15を取り付けていない質量無付加状態におけるフェース面Fの1次共振周波数との結果から、質量無付加状態におけるフェース面Fの1次共振周波数を規定するモーダルパラメータを求め、さらに、このパラメータから、モーダルパラメータと反発係数eとの関係式や参照テーブルを利用してゴルフボールをフェース面Fで打撃する際の反発係数eを算出し、ゴルフクラブヘッドHの反発特性を評価する部分で、本発明における反発係数算出部を成す。

## 。 【0019】

また、コンピュータ20は、質量が互いに異なる複数の質量調整体15をフェース面Fに取り付けた複数の質量付加状態におけるフェース面Fの1次共振周波数の結果から、質量無付加状態におけるフェース面Fの1次共振周波数を規定するモーダルパラメータを求め、さらに、このパラメータから、モーダルパラメータと反発係数eとの関係式や参照テーブルを利用してゴルフボールをフェース面Fで打撃する際の反発係数eを算出し、ゴルフクラブヘッドHの反発特性を評価するものであってもよい。さらに、コンピュータ20は、例えば、質量無負荷状態における1次共振周波数と、算出された上記モーダルパラメータとを組み合わせて反発係数eを算出してもよい。また、質量付加状態および質量無負荷状態における1次共振周波数の差分あるいは比率を用いて反発係数eを算出してもよい。このように、本発明は、少なくとも質量無負荷状態および質量付加状態における1次共振周波数を用いて反発係数eを算出できるものである限りにおいて反発係数eの求め方は制限されない。

## 【0020】

なお、コンピュータ20は、プログラムを実行することで反発係数eを算出するソフトウェア処理によって装置を構成するが、本発明においては、これらの処理を回路基板等で構成された専用装置によって行う評価装置であってもよい。

さらに、本発明では、FFTアナライザ18の周波数解析をコンピュータ20で実行させることもでき、この場合、騒音計測装置から出力される音圧信号をAD変換するAD変換ボードをコンピュータ20に組み込み、音圧信号をコンピュータ20に直接取り入れる構成としてもよい。

## 【0021】

このような評価システム10では、まず、加振治具14によってゴルフクラブヘッドHのフェース面Fが加振される。この時ゴルフクラブ12は、例えば、天井よりホーゼル部が宙づり状態とされて、自由端を形成するのが好ましいが、ゴルフクラブ12のゴルフクラブシャフトSを軽く固定支持してもよい。後述するように、ゴルフクラブヘッドHのフェース面Fが膜状に振動する時の共振周波数に影響を与えない程度の固定方法であればよい。

一方、フェース面Fの近傍に配し、予めピストンフォン等によって較正された騒音計測装置16の騒音マイク16aからインパクト加振時のフェース面Fの打撃音が計測され、騒音計測装置16bから音圧信号としてFFTアナライザ18に出力される。

## 【0022】

このような計測は、例えば、フェース面15への質量調整体15の貼り付けの有無による2つの状態（質量付加状態および質量無付加状態）について行われる。質量調整体15のフェース面Fでの貼り付ける位置は特に限定されないが、異なる種々のゴルフクラブヘッドの反発特性を比較、評価する場合、精度の高い反発特性の評価を行う点からフェース面Fの略一定の位置に質量調整体15を貼り付けるのが好ましい。例えば、フェース面Fの略幾何学中心位置またはこの中心位置近傍が例示される。あるいは、ゴルフクラブヘッドHの重心を通るフェース面Fに垂直な直線とフェース面Fとの交点の位置を質量調整体15の貼り付け位置としてもよい。

## 【0023】

FFTアナライザ18では、周波数分析が行われ、例えば0～7000Hzの帯域でベースバンドの周波数分析が行われる。

周波数分析では、例えば図2(a)に示すような音圧波形が得られる。図2(a)は、質量無付加状態における音圧波形である。ここで、音圧波形は、0Hz～7000Hzの帯域に複数のピークが発生するが、1次共振周波数fの発生帯域を、例えば3000～5000Hzのように予め絞っておき、音圧信号の周波数波形から、フェース面Fに質量無付加状態における1次共振周波数f<sub>1</sub>を特定することができる。また、同様にして、図2(b)に示すように、フェース面Fに質量付加状態における1次共振周波数f<sub>2</sub>を特定す

ることができる。

なお、質量付加状態における1次共振周波数  $f_2$  は、質量無付加状態における1次共振周波数  $f_1$  に対して質量調整体15の質量分低下する。

また、このような発生帯域が予め設定できず、1次共振ピークが特定できない場合は、以下の方法によって1次共振ピークを特定してもよい。

#### 【0024】

すなわち、1次共振周波数  $f_1$  ,  $f_2$  は数千Hzの周波数帯域に存在するので、音圧信号のみならずフェース面Fの振動にも1次共振ピークの情報が含まれることを利用するものである。

図3は図1に示す評価システム10とは異なる評価システム50を示す。

評価システム50は、図3に示すように、ゴルフクラブヘッドHのフェース面Fに質量が例えば1g以下の加速度ピックアップ52を貼り付け、インパクトハンマー56を用いて、フェース面Fをインパクト加振を行う。加速度ピックアップ52は、例えば、質量が0.14gのエンデブコ社製モデル22が例示される。なお、加速度ピックアップ52は、フェース面Fの振動に与える影響が小さいフェース面Fの端部の位置に貼り付けられるが、加速度ピックアップ52の質量がフェース面Fの振動に与える影響を無視できない場合は、後述するように、加速度ピックアップ52と質量調整体15を1つの質量調整体と見なすために、加速度ピックアップ52を質量調整体15の貼り付け位置近傍に貼り付けてよい。

加速度ピックアップ52からアンプ54を介して得られる加速度信号と、インパクト加振の加振力を計測するインパクトハンマー56を用いてアンプ58を介して得られる加振力の加振信号とをFFTアナライザ60に取込み、FFTアナライザ60でインパクト加振の加振力に対する加速度信号の関数、すなわち伝達関数を求める。その際、インパクトハンマー56による加振位置をゴルフクラブヘッドHのフェース面F上で分散させてインパクト加振を行い（図3では例えばフェース面F上に示す●印の位置で加振を行い）、伝達関数を加振位置別に求める。こうして求められた複数の伝達関数において、加振位置にかかわらずフェース面Fの1次共振周波数の振動モードの形態に起因した同一の位相を持つ急峻なピークが現れる。このピーク位置における周波数を1次共振周波数として取り出すことができる。図3では、質量付加状態における1次共振周波数  $f_2$  を求める例であるが、この他に、質量調整体15をフェース面Fから取り除いて、質量無付加状態における1次共振周波数  $f_1$  を求める。

評価システム50においても、FFTアナライザ60の伝達関数を求める処理をコンピュータで実行させることもでき、この場合、騒音計測装置から出力される音圧信号をAD変換するAD変換ボードをコンピュータに組み込み、加振信号および加速度信号をコンピュータに取り入れる構成としてもよい。

#### 【0025】

図4は、図2(a), (b)に用いたゴルフクラブヘッドとは別のゴルフクラブヘッドを用い、フェース面Fに質量無付加状態におけるフェース面Fにおいて、5箇所の異なる位置でインパクト加振を行った際の伝達関数の虚数部の波形をそれぞれ示している。これによると、位置Aのところで、5つの伝達関数のいずれにおいても虚数部が急峻な最大ピークとなって共振ピークを形成することがわかる。この位置Aの周波数は1次共振周波数  $f_1 = 5820$  (Hz) である。

また、加振位置にかかわらず伝達関数が同一位相となって形成する急峻なピークのピーク周波数を1次共振周波数  $f_1$  として求めてもよい。このように同一位相の急峻なピークを見出すことによって1次共振周波数  $f_1$  を求めることができるのは、1次共振周波数における振動形態は、フェース面Fが膜のようにフェース面Fの垂直方向に一様に突出しあるいは凹む変形形態を有するからである。

#### 【0026】

このようにして、図2に示す複数のピークのうちからピークが1次共振による共振ピークを伝達関数を利用して特定することができる。このようにして、質量付加状態、質量無

付加状態における1次共振周波数  $f_1$ ,  $f_2$  を求めることができる。図2 (a), (b) に用いたゴルフクラブヘッドと図4に示すゴルフクラブヘッドは異なる種類のものであるため、図2 (a) に示す1次共振周波数  $f_1$  と図4に示す1次共振周波数  $f_1$  とは異なっている。

なお、1次共振周波数  $f_1$ ,  $f_2$  は、加速度信号を計測することによって求められる伝達関数から正確に求めることができるが、予め周波数帯域を定めておいて、音圧信号の音圧波形から1次共振周波数  $f_1$ ,  $f_2$  を求めてもよい。

また、ゴルフクラブヘッドのフェース面Fに加速度ピックアップ52を貼り付けて加振治具14で加振することで得られる加速度信号の波形から1次共振周波数  $f_1$ ,  $f_2$  を求めてもよい。この場合、1次共振周波数  $f_1$ ,  $f_2$  の特定は、上述した音圧信号から1次共振周波数  $f_1$ ,  $f_2$  を特定する方法と同様に行うとよい。

### 【0027】

なお、図4に示す例では伝達関数をインパクト加振の加振位置ごとに求めて、1次共振周波数を求めるが、インパクト加振の加振位置毎に得られる伝達関数を平均化して1つの伝達関数として表し、平均化された伝達関数において得られる最大ピークを1次共振ピークとして1次共振周波数を特定してもよい。

図5は、図3で得られる、質量無付加状態における加速度信号の波形の一例を示しているが、位置Cにおいて1次共振ピークを形成する。

### 【0028】

こうして求められた質量調整体15の貼り付けの有無によるゴルフクラブヘッドHのフェース面Fの2つの状態における1次共振周波数  $f_1$ ,  $f_2$  がコンピュータ20に送られる。

コンピュータ20では、下記式(1), (2)を用いて1次共振モードにおけるモーダルパラメータm(動的質量あるいはモーダルマスという)およびk(動的バネ定数あるいはモーダルスティフネス)を算出する。

$$2\pi \times f_1 = (k/m)^{(1/2)} \quad (1)$$

$$2\pi \times f_2 = (k/(m + \Delta m))^{(1/2)} \quad (2)$$

ここで、 $\pi$ は円周率であり、 $\Delta m$ は質量調整体15の既知の質量である。

### 【0029】

このように、式(1)および式(2)によって1次共振周波数を規定できるのは、1次共振周波数  $f_1$ ,  $f_2$  における1次共振モードが、フェース面Fの幾何学的中心位置近傍を最大変位として、フェース面Fが膜のようにフェース面Fの垂直方向に一様に突出しあるいは窪む、単純な振動による変形形態を有するからである。このため、得られたモーダルパラメータm, kは、実際のゴルフクラブヘッドHのフェース面Fの1次共振周波数を定める動的質量および動的バネ定数に概略対応する。

コンピュータ20では、式(1)および(2)で表されるモーダルパラメータm, kが、得られた1次共振周波数  $f_1$ ,  $f_2$  を用いて求められる。さらに、求められたモーダルパラメータm, kのうちモーダルパラメータkを用い、コンピュータ20内で予め定められた式あるいは参照テーブルを利用してゴルフボールの反発係数eが推定算出される。

このようにモーダルパラメータkを用いてゴルフボールの反発係数eを推定算出することができるのは、モーダルパラメータkと反発係数eの相関関係が、従来の推定算出方法で用いられる1次共振周波数と反発係数の相関関係に比べてより強い相関を持って対応することを見出したことによるものである。例えば、ゴルフクラブのフェース面の肉厚が場所によって変化する偏肉構造を含む各種ゴルフクラブヘッドの反発係数eとモーダルパラメータkとの相関関係は従来に比べて向上する。

### 【0030】

図6には、モーダルパラメータkとゴルフボールの反発係数eの関係の一例が示されている。図7には、1次共振周波数  $f_1$  と反発係数eとの関係の一例が示されている。

図6に示す◆は、フェース面Fの肉厚が場所によって変化する偏肉構造をはじめとする各種ゴルフクラブヘッドにおける、質量無付加状態におけるフェース面Fの1次共振周波

数を規定するモーダルパラメータ  $k$  と反発係数  $e$  との関係を示している。図6に示すように、モーダルパラメータ  $k$  と反発係数  $e$  との関係は、相関係数  $R^2$  が 0.8194 で直線回帰されることがわかる。

#### 【0031】

一方、図7に示す◆は、フェース面Fの肉厚が場所によって変化する偏肉構造をはじめとする各種ゴルフクラブヘッドにおける、フェース面Fの1次共振周波数  $f_1$ （質量無付加状態における1次共振周波数）と反発係数  $e$  との関係を示している。図7に示すように、1次共振周波数  $f_1$  と反発係数  $e$  の関係は、相関係数  $R^2$  が 0.5589 で直線回帰される。

このように、図6で示されるモーダルパラメータ  $k$  と反発係数  $e$  との関係を表す直線回帰式  $L$  は、図7で示される1次共振周波数  $f_1$  と反発係数  $e$  との関係を表す直線回帰式に比べて相関が極めて高いことがわかる。したがって、直線回帰式  $L$  を利用して、あるいは、この直線回帰式  $L$  に基づいて作成された参照テーブルを利用してモーダルパラメータ  $k$  から従来に比べて精度高く反発係数  $e$  を推定算出することができる。

このような直線回帰式  $L$ 、あるいは、直線回帰式  $L$  に基づいて作成された参照テーブルをコンピュータ20に予め記憶保持しておき、この直線回帰式あるいは参照テーブルを利用して反発係数  $e$  を推定算出し、USGAが定めたルール、すなわち反発係数  $e$  が 0.830 以下の条件を満たすかどうか評価することができる。

#### 【0032】

また、本実施例では、質量付加状態、質量無付加状態におけるフェース面Fの1次共振周波数を求め、これに基づいてモーダルパラメータ  $k$  を算出するが、質量の異なる2つ以上の質量調整体をフェース面Fに貼り付けた2つ以上の質量付加状態における1次共振周波数を求め、これらのフェース面の1次共振周波数を用いて、質量無付加状態におけるフェース面の1次共振周波数を規定するモーダルパラメータを算出してもよい。

また、加速度ピックアップ52の質量が既知であり、この質量がフェース面Fの振動に影響を与える程度である場合、上述した加速度ピックアップ52から得られる加速度信号を用いて以下のように2つの状態の1次共振周波数を求めて、これより質量無付加状態における1次共振周波数を規定するモーダルパラメータを求めてよい。加速度ピックアップ52を1つの質量調整体としてフェース面Fの中心位置等に貼り付けて1つ目の質量付加状態とする。さらに加速度ピックアップ52の貼り付け位置近傍に質量調整体15を貼り付けて2つ目の質量付加状態とする。この2つの質量付加状態で1次共振周波数を求め、質量無付加状態におけるフェース面の1次共振周波数を規定するモーダルパラメータを算出する。

#### 【0033】

なお、本実施例では反発係数  $e$  の推定算出にモーダルパラメータ  $k$  を用いたが、モデルパラメータ  $k$  の逆数と反発係数  $e$  との関係を直線回帰した直線回帰式、あるいはこの直線回帰式に基づいて作成された参照テーブルを利用して反発係数  $e$  を推定算出してもよい。すなわち、モーダルパラメータ  $k$  の逆数を用いて反発係数  $e$  を推定算出してもよい。さらには、動的質量  $m$  を用いて反発係数  $e$  を推定算出してもよい。

#### 【0034】

さらに、本発明では、モーダルパラメータ  $m$ 、 $k$  を加減乗除した値と反発係数  $e$  とを対応づけて、この対応づけを表す回帰式や参照テーブルを作成し、これをを利用して反発係数  $e$  を推定算出してもよい。少なくとも、質量調整体15の貼り付けの有無による2つの状態によるフェース面Fの1次共振周波数を規定するモーダルパラメータを用いて算出できれば、いずれのモーダルパラメータを用いてもよい。また、モーダルパラメータは、質量パラメータや剛性パラメータの他に、1次共振周波数および1次共振振動の減衰に寄与する減衰パラメータを含んでもよい。

#### 【0035】

なお、本発明において共振周波数として1次共振周波数を用いるのは、フェース面Fの1次振動モードがゴルフボールを打撃するときのフェース面Fの変形に良く近似するから

である。

【0036】

さらに、より精度良く反発係数eを算出するには、1次共振周波数 $f_1$ とモーダルパラメータkとを用いて反発係数eを算出するのが好ましい。1次共振周波数 $f_1$ とモーダルパラメータkとを用いることによって、上記偏肉構造およびフェース面Fの肉厚が場所によらず均一の均一肉厚構造の区別なく、より精度高く反発係数eを算出することができる。すなわち、所定の係数a, bおよびcを用いて下記式(3)で反発係数eを算出する。

$$\text{反発係数 } e = a \cdot f_1 + b \cdot k + c \quad (3)$$

【0037】

図8(a)は、13種の偏肉構造の市販されているゴルフクラブヘッドと32種の均一肉厚構造の市販されているゴルフクラブヘッドの計45種について上記モーダルパラメータkと反発係数eとの相関を表す散布図である。図8(b)は、式(3)の右辺で算出される値と反発係数eとの相関を表す散布図である。

これより、式(3)の右辺で算出される値と反発係数eとの相関係数 $R^2$ は0.9272となり偏肉構造および均一肉厚構造の区別無く極めて良好に対応していることがわかる。

【0038】

図9(a)は、上記32種の均一肉厚構造のゴルフクラブヘッドにおける従来の1次共振周波数 $f_1$ と反発係数eとの相関を表す散布図であり、図9(b)は、上記32種の均一肉厚構造のゴルフクラブヘッドにおけるモーダルパラメータkと反発係数eとの相関を表す散布図である。また、図9(c)は、上記13種の偏肉構造のゴルフクラブヘッドにおける従来の1次共振周波数 $f_1$ と反発係数eとの相関を表す散布図であり、図9(d)は、上記13種の偏肉構造のゴルフクラブヘッドにおけるモーダルパラメータkと反発係数eとの相関を表す散布図である。

【0039】

図9(c), (d)の散布図によると、偏肉構造のゴルフクラブヘッドの反発係数eは、モーダルパラメータkの相関係数 $R^2$ が0.8966(図9(d)参照)であり、1次共振周波数 $f_1$ の相関係数 $R^2$ が0.7393(図9(c)参照)である。これより、モーダルパラメータkの方が1次共振周波数 $f_1$ に比べて相関が高い。一方、図9(a), (b)の散布図によると、均一肉厚構造のゴルフクラブヘッドの反発係数eは、モーダルパラメータkの相関係数 $R^2$ が0.8147(図9(b)参照)であり、1次共振周波数 $f_1$ の相関係数 $R^2$ が0.8821(図9(a)参照)である。これより、モーダルパラメータkの方が1次共振周波数 $f_1$ に比べて相関が低い。このため、より精度の高い反発係数eを算出するためには、均一肉厚構造では1次共振周波数 $f_1$ を用いて、偏肉構造ではモーダルパラメータkを用いること、すなわち、ゴルフクラブのヘッド構造により使い分ける必要が生じる。しかし、上述したように式(3)を用いて反発係数eを算出する方法は、図8(b)に示すように相関係数 $R^2$ が0.9272と、極めて高い相関を示す。このため、ゴルフクラブのヘッド構造により反発係数eの算出方法を使い分ける必要がなく、式(5)の右辺の値を用いて反発係数eを求めることができる。

【0040】

このように、ゴルフクラブ12を、ゴルフクラブ12のホーゼル部を宙づりにし、あるいは軽く支持した状態で、フェース面Fをインパクト加振し、このインパクト加振時の音圧信号を計測し、質量付加状態および質量無付加状態における2つの1次共振周波数 $f_1$ ,  $f_2$ を求め、1次共振周波数 $f_1$ ,  $f_2$ を用いて反発係数eを従来に比べて精度高く推定算出して反発特性を評価することができる。しかも、ゴルフクラブヘッドHからゴルフクラブシャフトSを外すことを不要とする。したがって、競技会前の限られた時間内に競技会で使用するゴルフクラブが反発係数eの規定を違反しているか否か、容易にしかも精度高く判定することができる。

また、ゴルフクラブメーカーにおいて、同一のゴルフクラブ12を大量に製造する場合、ゴルフクラブシャフトSとゴルフクラブヘッドHが一体化した完成品のゴルフクラブ12

のゴルフクラブヘッドHの反発係数eを、質量調整体15の貼り付けの有無によって極めて容易かつ短時間にしかも精度高く検査することができる。これによって、ゴルフクラブ12の製品性能の検査工程を簡素化し、出荷されるゴルフクラブ12の製品性能のばらつきを低減することができる。

#### 【0041】

本実施例では、ゴルフクラブヘッドHのフェース面Fの1次共振周波数 $f_1$ 、 $f_2$ から1次共振周波数を規定するパラメータを求め、このパラメータを用いて反発係数eを推定算出するが、さらに、質量調整体15のフェース面Fにおける貼り付け位置をフェース面F上で様々に変更し、変更の度に質量調整体15の貼り付けの有無による2つの共振周波数を求め、この2つの共振周波数からパラメータのフェース面Fでの分布を求めることで、フェース面Fにおける反発係数eの分布を求めることもできる。一般に、共振モードにおける振幅が大きい部分では、質量調整体15の付加により共振周波数が大きく変化する、このことから、質量付加状態および質量無付加状態におけるフェース面Fでの共振周波数の差異をフェース面Fの種々の位置で計測することにより、フェース面Fの振動による振幅の大小の分布（変形の分布）、さらには、この分布からフェース面Fにおける反発係数の分布を容易に知ることができる。

#### 【0042】

本発明の方法では、ゴルフクラブヘッドHの反発係数eを従来に比べて高い信頼性を持って推定算出することができるが、本発明の方法により推定算出されたゴルフクラブ12における反発係数eを含むゴルフクラブ12の特性に関する情報を広告や各種パンフレットに掲載することで、ゴルフクラブを購入するゴルファーの有効な情報とすることができます。また、本発明の方法により推定算出されたゴルフクラブ12の反発係数eを含むゴルフクラブ12の特性に関する情報を、ゴルフクラブ12に装着されるタグやシール等に表すこともできる。ゴルファーは、この情報を見てゴルフクラブ12を納得して購入することができる。

#### 【0043】

以上、本発明のゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法および反発特性評価装置について詳細に説明したが、本発明は上記実施例に限定はされず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良および変更を行ってもよいのはもちろんである。例えば、本発明における質量調整体は1つである必要はなく、異なる質量を有する複数の質量調整体を用いて2つ以上の異なる質量付加状態における共振周波数および質量無付加状態における共振周波数を求め、質量無付加状態における共振周波数を規定するパラメータを精度高く算出して反発係数eを求めてよい。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0044】

【図1】本発明のゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法を実施する評価システムの一例を示す図である。

【図2】図1に示す評価システムで得られる音圧信号の周波数分析の結果の一例のうち、(a)は質量無付加状態における結果の一例を、(b)は質量付加状態における結果の一例を示す図である。

【図3】本発明のゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法を実施する際の別の評価システムの例を示す図である。

【図4】図3に示す評価システムで得られる伝達関数の虚数部の波形の一例を示す図である。

【図5】図3に示す評価システムで加速度信号の周波数分析結果の一例を示す図である。

【図6】本発明のゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法で得られるパラメータと反発係数との関係の一例を示す図である。

【図7】従来のゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法で得られるパラメータと反発係数との関係の一例を示す図である。

【図8】(a), (b)はゴルフクラブヘッドの反発係数とモーダルパラメータまたは式(3)で表される値との相関を表す一例の散布図である。

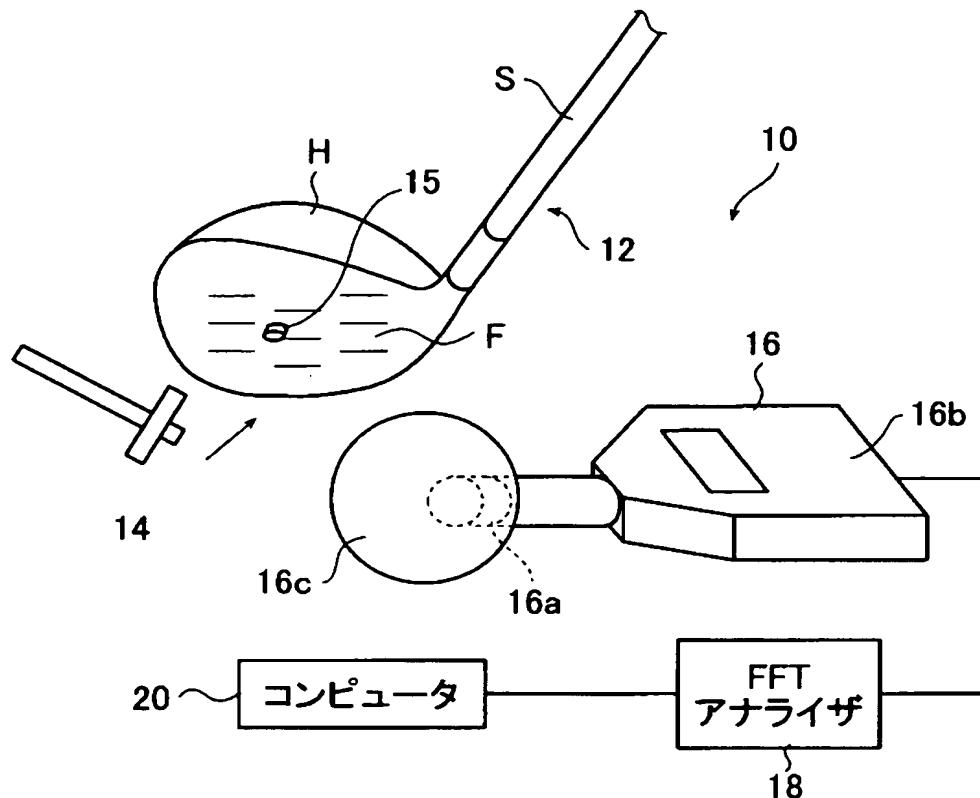
【図9】(a)～(d)は、ゴルフクラブヘッドの反発係数と1次共振周波数またはモーダルパラメータとの相関を表す他の例の散布図である。

【符号の説明】

【0045】

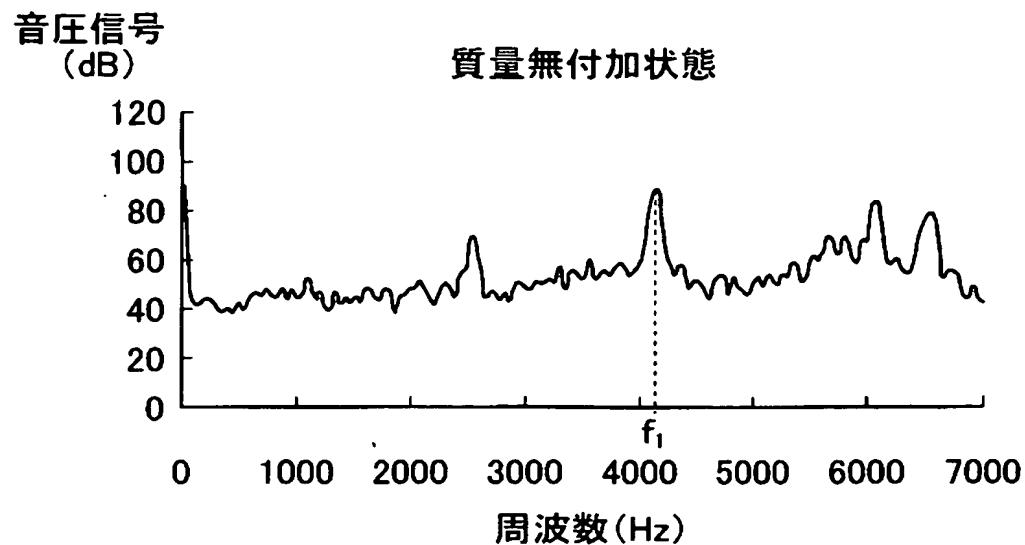
- 10, 50 評価システム
- 12 ゴルフクラブ
- 14 加振治具
- 15 質量調整体
- 16 騒音計測装置
- 18, 60 FFTアナライザ
- 20 コンピュータ
- 52 加速度ピックアップ
- 54, 58 アンプ
- 56 インパクトハンマー

【書類名】 図面  
【図 1】

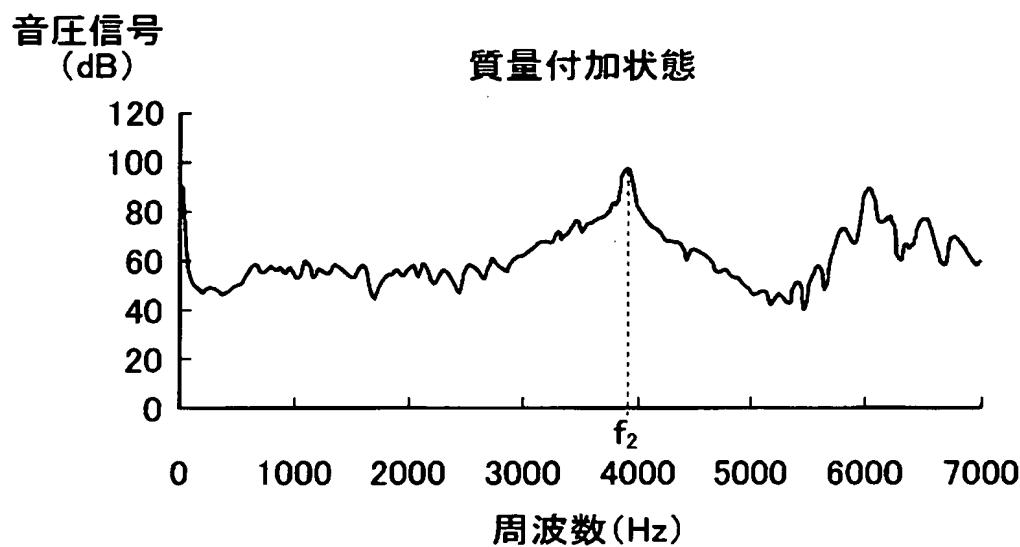


【図2】

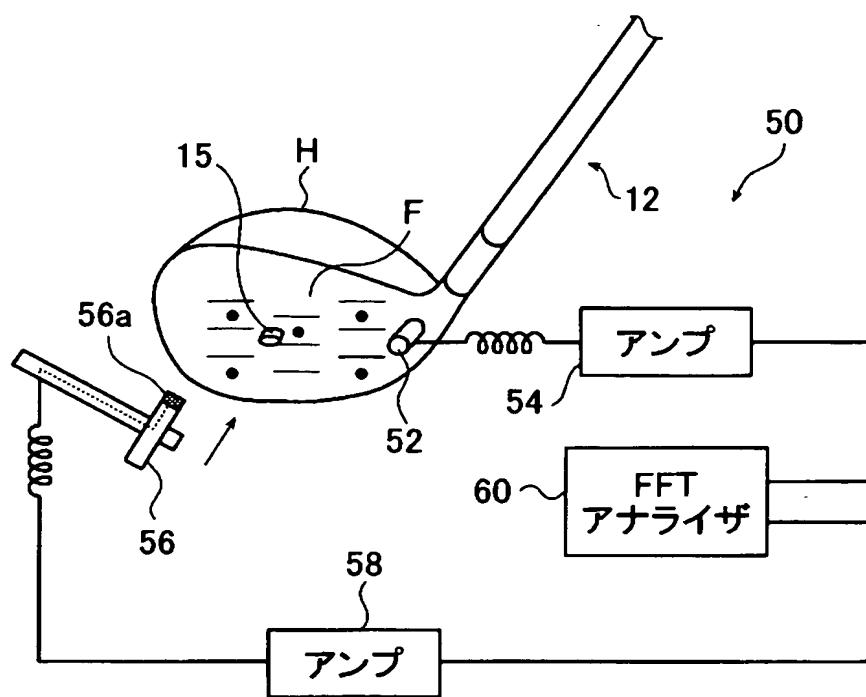
(a)



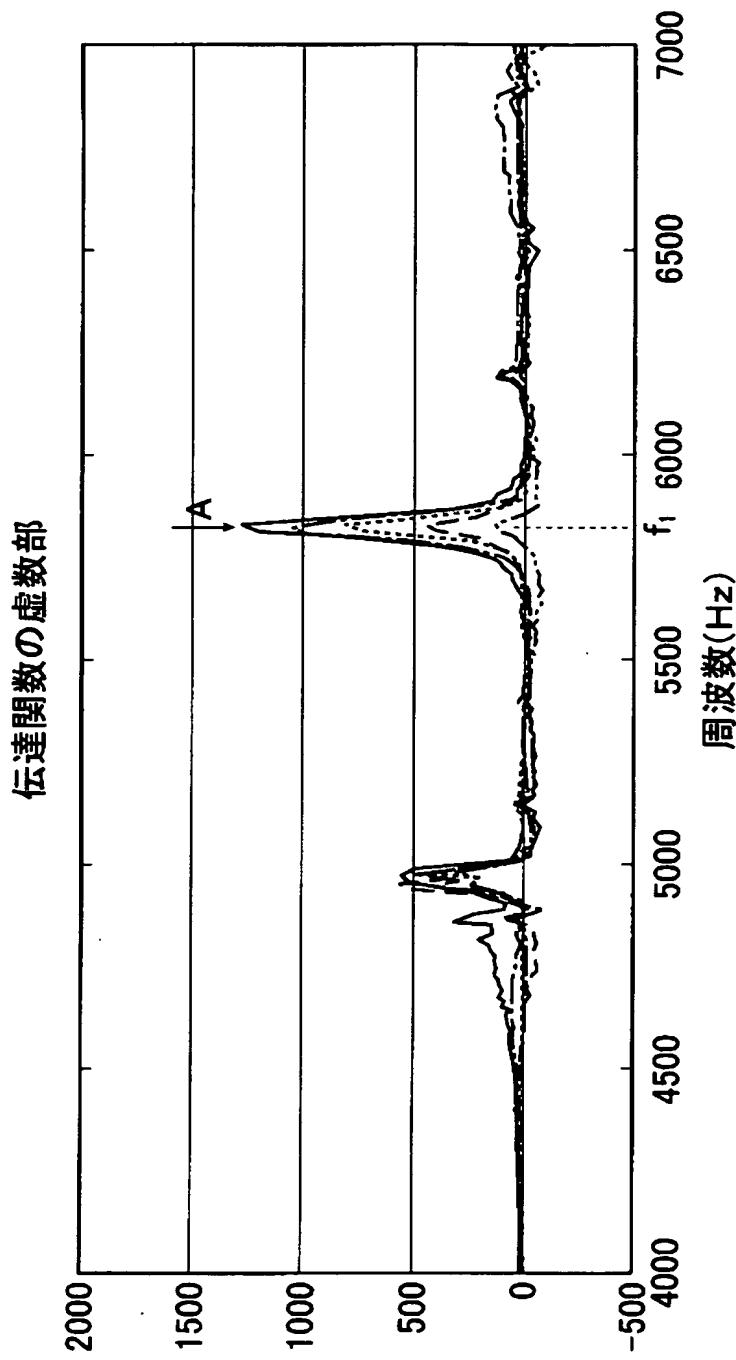
(b)



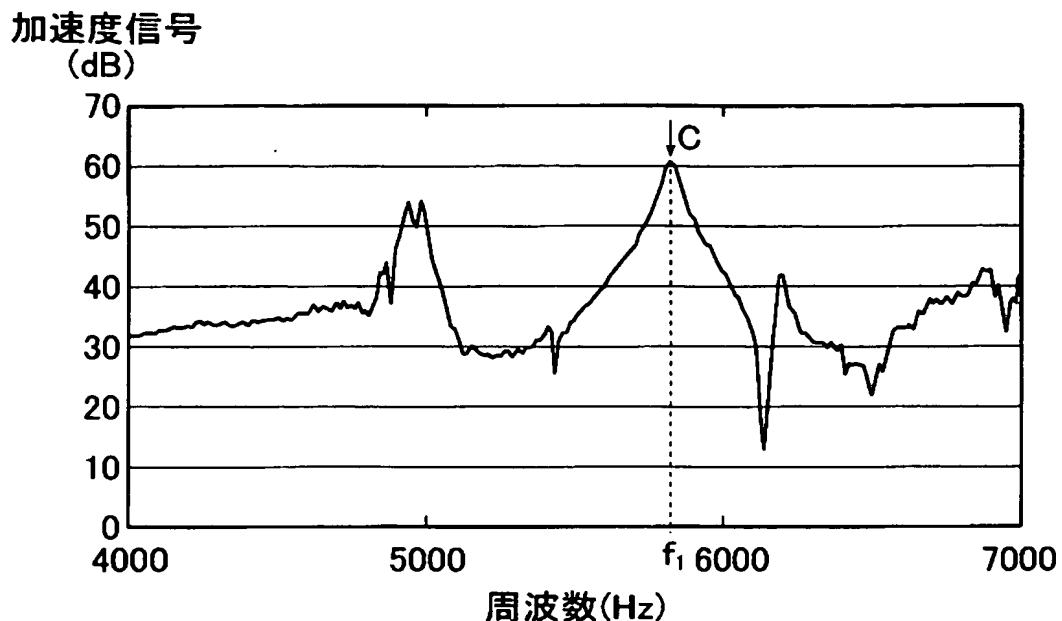
【図3】



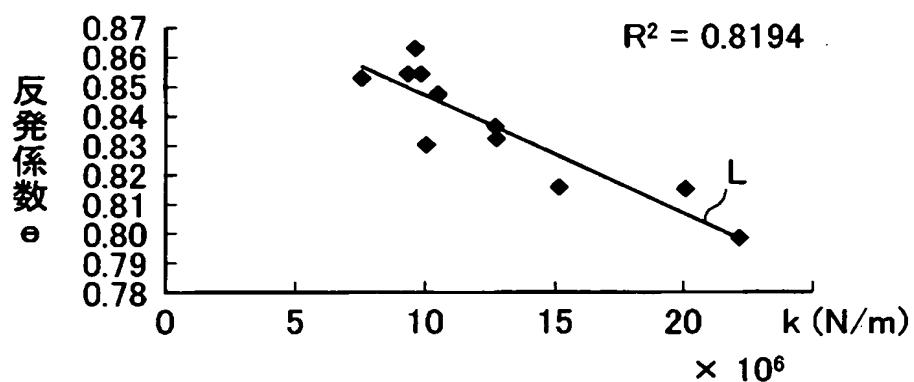
【図 4】



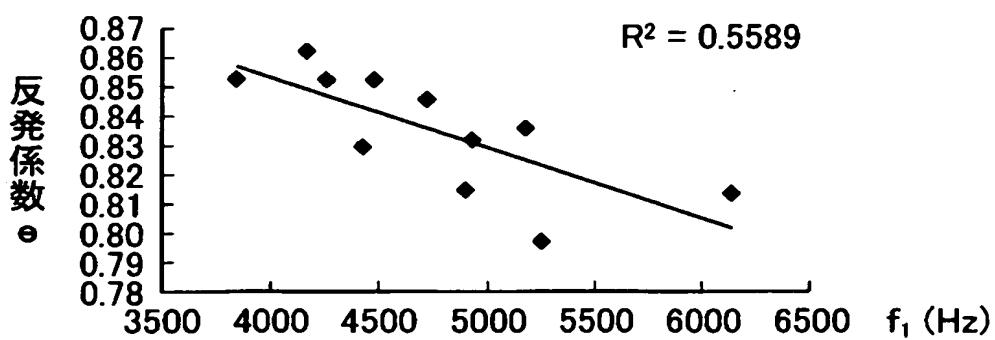
【図 5】



【図 6】

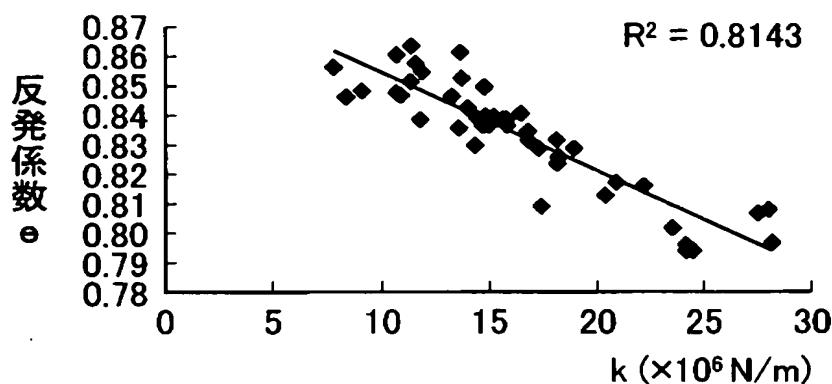


【図 7】

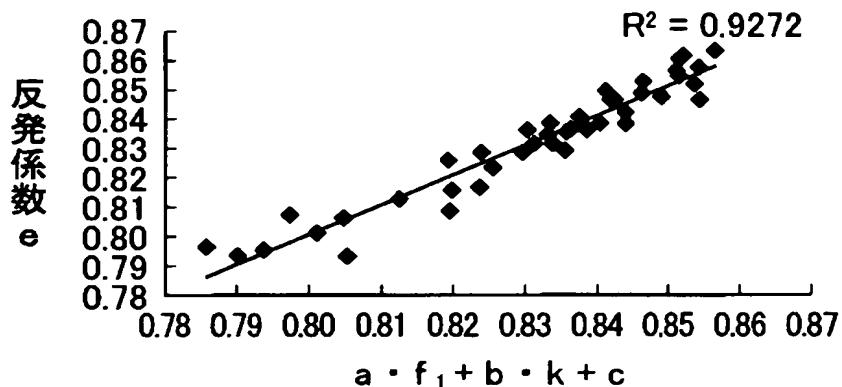


【図 8】

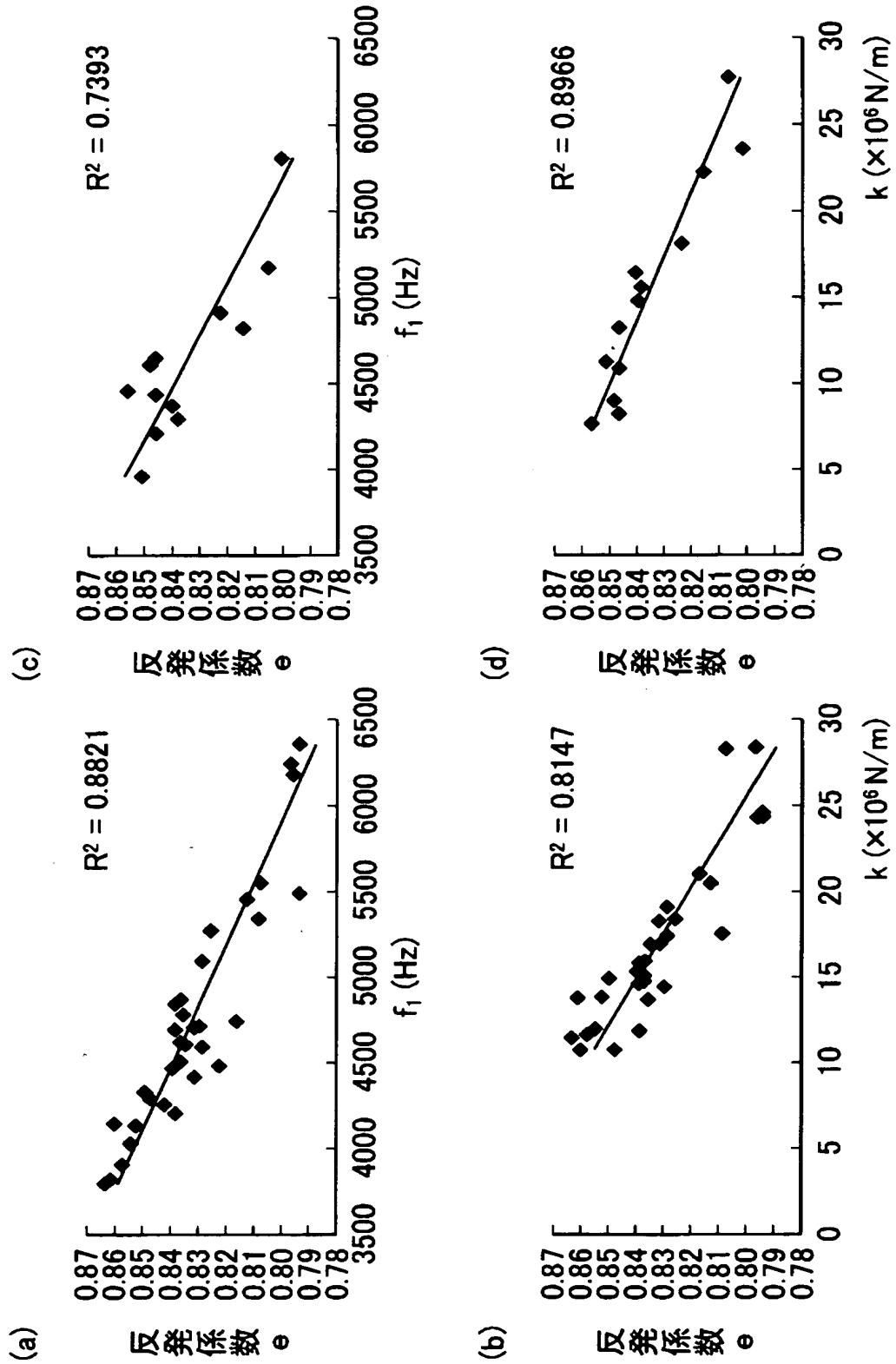
(a)



(b)



【図9】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】従来に比べて精度高く反発係数を算出することができ、しかも、その算出が容易であるゴルフクラブヘッドの反発特性評価方法および反発特性評価装置を提供する。

【解決手段】既知の質量を有する質量調整体15をゴルフクラブヘッドHのフェース面Fに貼り付けた質量付加状態におけるフェース面Fの1次共振周波数と、質量調整体15をフェース面Fに貼り付けていない質量無付加状態におけるフェース面Fの1次共振周波数とを、インパクト加振によるフェース面Fの応答信号を取得することによって求め、これら2つの共振周波数を用いて、ゴルフボールをフェース面で打撃する際の反発係数eを求める。

【選択図】図1

特願 2003-289095

出願人履歴情報

識別番号 [000006714]

1. 変更年月日 1990年 8月 7日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都港区新橋5丁目36番11号  
氏名 横浜ゴム株式会社